جغرافیا و مخاطرات محیطی، شمارۀ سی و هفتم، بهار ۱۴۰۰

صص ۳۹- ۲۱

: https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.67235.0

مقاله پژوهشی

کارایی مدل ویکور در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبخیز سد گلال استان ایلام

فتح‌الله نادری[1]- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

بهروز ناصری- استادیار گروه منابع طبیعی، واحد ایلام، دانشگاه آزاد اسلامی، ایلام، ایران

نعمت اله بسطامی- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملایر، همدان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۸/۲۶ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۱۱/۲۵ تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۱۲/۲

چکیده

پدیدۀ زمین‌لغزش یکی از مخاطرات طبیعی است که همواره با خسارات مالی و جانی همراه است. شناخت عوامل ایجاد و گونه‌های مختلف آن برای ما از اهمیت بالایی برخوردار است. شناسایی و تعیین مناطق حساس و مستعد زمین‌لغزش می‌تواند ضمن جلوگیری از بروز خسارت‌ها، زمینه را برای اجرای طرح‌های پایدارسازی دامنه‌ها فراهم آورد. در پژوهش حاضر ارزیابی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبخیز سد گلال استان ایلام با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند شاخصه ویکور انجام شده است. بر این اساس، از بین عوامل مختلف تعداد ۸ پارامتر زمین‌شناسی، ارتفاع، شیب، بارش، فاصله از گسل، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده و کاربری اراضی به‌عنوان مهم‌ترین پارامترهای مؤثر در وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه، تشخیص داده شدند، سپس ضریب اهمیت هرکدام از عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش، با روش تحلیل سلسله مراتبی سیستم‌ها به دست آمد که معیارهای زمین‌شناسی، شیب و بارش بیشترین ضریب اهمیت را کسب کردند. سپس بر پایه الگوریتم بهینه‌سازی ویکور، درجه سودمندی و پشیمانی انتخاب گزینه‌های برتر (زیر حوضه‌ها)، مشخص و در پایان با محاسبه میزان شاخص بهینه ویکور (Q)، زیر حوضه‌ها برحسب درجه حساسیت پذیری به زمین‌لغزش در سه کلاس کیفی حساسیت‌پذیری کم، متوسط و زیاد طبقه‌بندی شدند. نتایج نشان داد زیر حوضه‌های بان سوهان، پلکانه و حاجی بختیار بیشترین حساسیت پذیری و زیرحوضه های چگان، داره میرناصر و چگاه دارای کمترین حساسیت‌پذیری به وقوع زمین‌لغزش هستند. از انطباق

[1] نویسنده مسئول: ۰۹۱۸۱۴۳۳۸۹۳

Email: naderigeo@yahoo.com

نقشه‌های پهنه‌بندی و زمین‌لغزش‌های منطقه می‌توان به صحت نقشه حاصل پی برد و همچنین مشخص شد که مدل ویکور مورد استفاده در این پژوهش روش کاملاً مناسبی جهت پهنه‌بندی خطر احتمال وقوع زمین‌لغزش در حوضه موردمطالعه است.

کلیدواژه‌ها: زمین‌لغزش، تصمیم‌گیری چند شاخصه، ویکور، سد گلال، ایلام.

۱- مقدمه

بلایای طبیعی به‌عنوان بزرگ‌ترین دشمن انسان باعث کشته و مجروح شدن سالانه صدها هزار نفر و بی‌خانمان شدن میلیون‌ها نفر در سراسر جهان می‌شود. کشور ایران یکی از ۱۰ کشور در معرض تهدید مخاطرات طبیعی، تقریباً همه‌ساله شاهد وقوع انواع مخاطرات ناشی از وقوع زمین‌لغزش‌ها است (فیض نیا و احمدی، ۱۳۸۰). از این رهگذر زمین‌لغزش یکی از معضلات جهانی پیش روی انسان دارای اهمیت خاص است که با توجه به اینکه زمین‌لغزش‌ها نسبت به سایر بلایای طبیعی مدیریت پذیرتر هستند؛ لذا شناخت این پدیده در راستای جلوگیری از خسارات ناشی از آن از اهمیت زیادی برخوردار است. کشور ایران نیز به دلیل مساعد بودن شرایط جغرافیایی و فقدان مدیریت جامع محیطی و عدم رعایت آستانه‌های محیطی به‌عنوان یک کشور پرخطر به شمار می‌آید و هرساله این پدیده زمین‌لغزش در مناطق کوهستانی و مرتفع کشور خسارات و صدمات قابل‌توجهی به بار می‌آورد. عوامل طبیعی به وجود آورندهٔ زمین‌لغزش‌ها شامل وجود یک شیب کافی برای لغزش، قرار داشتن یک قشر کم نفوذ در عمقی از خاک، وجود آب کافی برای اشباع قسمتی از خاک که بلافاصله روی قشر کم قرار دارد. همچنین عوامل انسانی شامل کارهایی که انسان‌ها از روی بی‌احتیاطی انجام می‌دهند. شناسایی و انتخاب مناسب‌ترین روش برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش باعث می‌شود با اطمینان بالاتری به نتایج، برای پیشگیری یا بهبود شرایط، اقدامات لازم انجام شود. اهمیت این نقشه‌ها در مراحل، برنامه‌ریزی، فعالیت‌های عمرانی، حفاظت خاک و... باعث شده است تا گروه زیادی از محققین، تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش را موردتوجه قرار دهند. با استفاده از نتایج چنین تحقیقاتی می‌توان نقشه‌های خطر زمین‌لغزش را رسم کرده و از آن‌ها در بررسی و مطالعه راه‌های پیشگیری و کنترل زمین‌لغزش استفاده کرد.

تاکنون تحقیقات محدود و انگشت‌شماری در زمینه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با مدل ویکور در داخل و خارج کشور انجام گرفته است که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان مطالعات زیر را برشمرد. سپهر و همکاران (۱۳۹۲)، نقشه حساسیت پذیری زمین‌لغزش دامنه‌های شمالی بینالود بر پایه الگوریتم بهینه‌سازی توافقی ویکور تهیه کردند که نتایج این تحقیق داد که زیر حوضه‌های گلمکان، اسجیل و اندرزی بیشترین حساسیت پذیری و زیر حوضه‌های خیرآباد، اقبال و چایش دارای کمترین حساسیت پذیری به وقوع زمین‌لغزش هستند. سوری و همکاران (۱۳۹۲) پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی در حوضه کسمت خرم آباد را انجام دادند. نتایج

پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با روش تحلیل سلسله مراتبی نشان داد که بیش از ۵۷ درصد از مساحت منطقه در کلاس‌های خطر زیاد و خیلی زیاد قرار گرفت. نوجوان و حیاتی (۱۳۹۲) در تحقیقی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوزه آبخیز سیاه خور اسلام‌آباد غرب با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) را انجام دادند. تحلیل نتایج تحلیل سلسله مراتبی در این حوزه نشان می‌دهد فاکتورهای زمین‌شناسی، کاربری اراضی و بارش مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش به شمار می‌روند. میرنظری و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیقی ارزیابی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل AHP و عملگرهای منطق فازی در حوضه آبریز پشت تنگ سرپل ذهاب (استان کرمانشاه) انجام دادند. ارزیابی مدل‌ها نشان داد که مدل فازی گامای ۰/۷ از دقت بیشتری نسبت به مدل AHP در تهیه نقشه خطر زمین‌لغزش در حوضه آبریز مورد مطالعه برخوردار است. کریمی و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیقی مدل‌های مختلف برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبخیز زنگوان ایلام را مورد مقایسه و بررسی قرار دادند. بعد از تهیه عوامل مؤثر در زمین‌لغزش در محیط GIS با استفاده از تفسیر عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای، موقعیت دقیق زمین‌لغزش‌ها تعیین کردند و سپس پهنه‌بندی با چهار روش ارزش اطلاعاتی، تراکم سطح، تحلیل سلسله مراتبی سیستم‌ها و روش پیشنهادی گوپتا و جوشی انجام گرفت. نهایتاً به‌منظور بررسی و انتخاب مناسب‌ترین مدل برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش از شاخص زمین‌لغزش استفاده شد. اصغری سراسکانرود و همکاران (۱۳۹٤) پهنه‌بندی خطر سیلاب در حوضه آبخیز آق لاقان چای با استفاده از مدل ویکور را انجام دادند طبق نتایج به دست آمده، عوامل شیب، ارتفاع و فاصله از شبکه آبراهه، بیشترین تأثیر را بر ایجاد سیل در حوضهٔ آق لاقان چای دارند. مددی و همکاران (۱۳۹٤) در تحقیقی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل ویکور در حوضه آبخیز آق لاقان چای مورد ارزیابی و پهنه‌بندی قرار دادند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که استفاده از مجموعه‌های فازی و روش ویکور به‌عنوان یکی از روش‌های تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره، از دقت نسبی بالایی جهت مطالعهٔ زمین‌لغزش حوضه آق لاقان چای برخوردار است. علوی و همکاران (۱۳۹٤) پهنه‌بندی فضایی سکونتگاه‌های روستایی در معرض مخاطرات محیطی با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره ویکور در شهرستان تالش را انجام دادند که نتایج تحقیق نشان داد که از بین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مدل ویکور مناسب‌ترین تکنیک در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش است. مددی و همکاران (۱۳۹٤)، ارزیابی و پهنه‌بندی خطر ریزش با استفاده از مدل VIKOR در حوضه آبخیز آق لافان چای را انجام دادند که نتایج مطالعه نشان می‌دهد که حوضه آق لاقان چای دارای توان بسیار بالا از لحاظ رخداد حرکات ریزشی است. حجازی و همکاران (۱۳۹۸)، ارزیابی و پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از مدل ویکور در حوضه آبریز حاجیلرچای را انجام دادند. نتایج پژوهش نشان دهنده این است که در حدود ۲۰/۲۲ درصد از مساحت حوضه حاجیلرچای، احتمال وقوع زمین‌لغزش خیلی زیاد بوده است. انتظاری و همکاران (۱۳۹۵)، در ارزیابی خطر ریسک زمین‌لغزش حوضه طالقان رود بر پایه الگوریتم بهینه‌سازی ویکور، به این نتیجه رسیدند که با

توجه به نقشه حساسیت پذیری زیر حوضه‌های طالقان رود بیش از ٦٠ درصد از مساحت حوضه را زیـر حوضـه‌هایی با شرایط حساسیت پذیری بالا و متوسط نسبت به وقـوع زمین‌لغـزش احاطـه کـرده اسـت. بنـی حبیـب و چیت‌سـاز (١٣٩٥)، مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره ویکور برای ارزیابی گزینه‌های مدیریت سیلاب را اجرا کردند کـه نتـایج تحقیـق نشان داد که با افزایش میزان پارامتر ویکور، حساسیت مدل نسبت به تغییر پارامتر ویکور افزایش یافتـه اسـت. عابـدینی و همکاران (١٣٩٦)، پهنه‌بندی خطر سیلاب در شهرستان مشکین‌شهر با استفاده از مدل ویکـور را انجـام دادنـد. نتـایج مطالعه نشان داد، عوامل ارتفاع، لیتولوژی، بارش و شیب به ترتیب بیشترین تأثیر را بر ایجـاد سـیل در منطقـه مطالعـاتی دارند. زنگنه شهرکی و همکاران (١٣٩٦)، در تحقیقی ارزیابی و تحلیل میزان تاب‌آوری کالبدی منطقـه ١٢ شـهر تهـران در برابر زلزله با استفاده از مدل FANP و ویکور را انجام دادند. شریفی کیا و همکاران (١٣٩٧)، طبقه‌بنـدی زیرحوضـه های آبخیز نکارود با استفاده از مدل‌های تصـمیم‌گیری چنـدمعیاره TOPSIS, SAW و VIKOR را موردبررسـی قـرار دادند. نتایج ارزیابی مدل‌ها نشان داد مدل VIKOR با دقـت بیشـتری نسـبت بـه مـدل‌های دیگـر بـه اولویت‌بنـدی و طبقه‌بندی زیرحوضه ها پرداخته است. امیری و همکـاران (١٣٩٧)، در تحقیقـی اولویت‌بنـدی سـیل‌خیزی زیرحوضـه های آبخیز مهارلو در استان فارس با استفاده از پارامترهای مورفومتریک و مـدل تصـمیم‌گیری VIKOR انجـام دادنـد. خدادادی و همکاران (١٣٩٨)، تحلیل و پهنه‌بندی مخاطرات ژئومورفولوژیک (لغزش و سیل) استان البرز بـا اسـتفاده از مدل‌های VIKOR-AHP و FR انجام دادند. طبق نتایج نهایی حاصـل از نقشـه‌های پهنه‌بنـدی هـر یـک از مخـاطرات، ٣٣/٠٩ درصد سطح استان در پهنه با خطر زیاد زمین‌لغزش و ٢١/٢١ درصد از سطح استان در پهنه خطر متوسـط سـیل قرار دارند که شناسایی و پهنه‌بندی مناطق دارای پتانسیل خطر وقوع این‌گونه مخاطرات اهمیـت بسـیاری دارد. کمـاک[1] (٢٠٠٦) در تحقیقی مدل‌سازی حساسیت زمین‌لغزش با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسـله مراتبـی و چنـد متغیـره در پیرلپین اسلوونی انجام دادند. نتایج نشان می‌دهد شیب، سنگ‌شناسی، زبری زمـین و نـوع پوشـش نقـش مهمـی در حساسیت به رانش زمین دارد. یلسین[2] (٢٠٠٨) پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش بـا اسـتفاده از فرآینـد تحلیـل سلسـله مراتبی و آمارهای دو متغیره مبتنی بر GIS در آردسن (ترکیـه) را انجـام داد. در ایـن مطالعـه از فرآینـد تحلیـل سلسـله مراتبی (AHP)، شاخص آماری (Wi) و روش ضریب وزن (Wf) برای تهیه نقشـه پهنه‌بنـدی حساسـیت زمین‌لغـزش استفاده شده است. نتایج نشان داد که روش AHP تصویری واقع‌بینانه‌تر از توزیع واقعـی حساسـیت بـه لغـزش زمـین نسبت به روش‌های Wi و Wf ارائه می‌دهد. هوانـگ[3] و همکـاران (٢٠٠٩) یـک مـدل اصـلاح شـده VIKOR بـرای تصمیم‌گیری با چند معیار با دیدگاه نظریه پشیمانی مورد مطالعه و بررسی قرار دادند از نتـایج مثال‌هـا مـی‌تـوان نتیجـه گرفت که مدل پیشنهادی برای مقابله بـا مشـکلات واقـع بینانـه MCDM نسـبت بـه مـدل‌های VIKOR و پشـیمانی

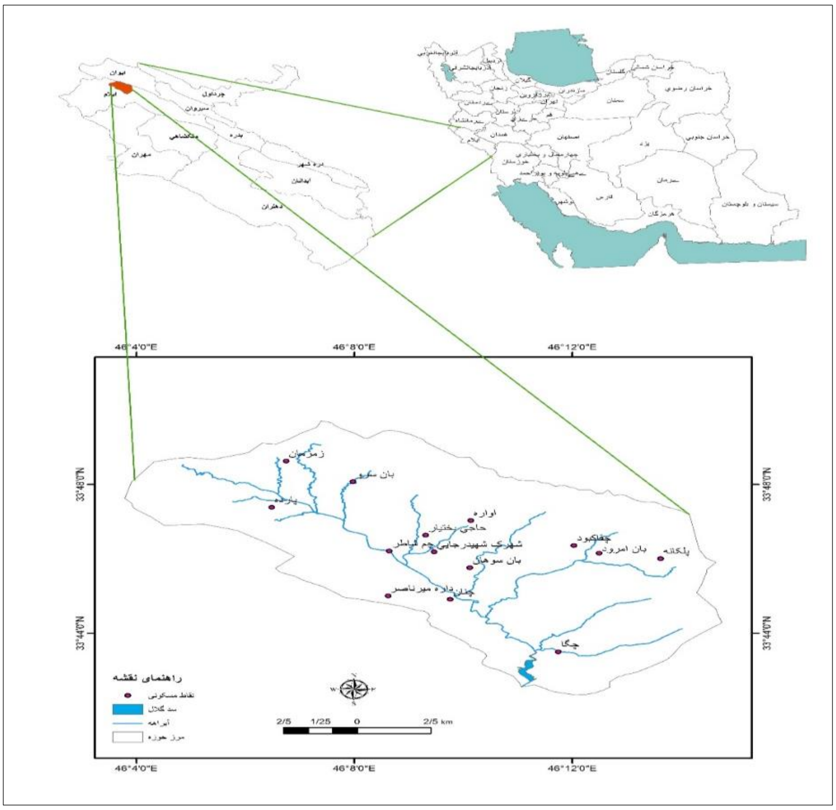
1 Komac
2 Yalcin
3 Huang

مناسب‌تر است. دمیر[1] و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیقی پهنه‌بندی حساسیت به لغزش با نسبت احتمال فرکانس و روش تحلیل سلسله مراتبی در قسمت شرقی منطقه گسل آناتولی شمالی (ترکیه) را انجام دادند. نتایج حاصل از تجزیه‌وتحلیل‌ها با استفاده از داده‌های مکانی زمین‌لغزش تأیید و با مدل احتمال مقایسه گردید. خان لین[2] و همکاران (۲۰۱۸) پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در منطقه لیویی[3] ویتنام با استفاده از ارزیابی چند معیاره مبتنی بر GIS. این مطالعه به‌منظور تعیین وزن عوامل مؤثر بر زمین‌لغزش از طریق الگوریتم فرآیند سلسله مراتبی تحلیلی (AHP) انجام شد. ون فان[4] و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیقی حساسیت زمین‌لغزش با استفاده از ضریب اطمینان و روش تحلیل سلسله مراتبی را مورد ارزیابی قرار داد. نتایج نشان می‌دهد که فاصله از رودخانه، فاصله از گسل و سنگ‌شناسی مهم‌ترین عوامل مؤثر در زمین‌لغزش هستند. ال بچاری[5] و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیقی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از آنالیز GIS در منطقه ساحلی صفی (مراکش) مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج تحقیق نشان داد که پارامترهای شیب، ساختار زمین‌شناسی و شکستگی از همبستگی قوی برخوردار است و ۷۵٪ از ناپایداری‌های موجود را شامل می‌شود. استان ایلام به دلیل خصوصیات زمین‌شناسی نظیر لیتولوژی، تکتونیک، لرزه‌خیزی و شرایط آب و هوایی ازجمله مناطق دارای پتانسیل زمین‌لغزش در کشور است. به‌طور مثال تناوب لایه‌های سخت آهکی و لایه‌های سست مارنی–شیلی در یال طاقدیس‌های بزرگ در سرتاسر این استان شرایط مساعدی را برای ناپایداری بخش‌های بزرگی از دامنه‌های طبیعی به وجود آورده است. زمین‌لغزش‌ها معمولاً در ارتباط با مناطق کوهستانی شکل می‌گیرند، اما در مناطق کم ارتفاع نیز امکان رخداد آن‌ها وجود دارد. در مناطق کم ارتفاع، زمین‌لغزش‌ها ممکن است در اثر خطای خاکبرداری و خاک‌ریزی (در حفاری‌های راه‌سازی و ساختمان‌سازی و ...) نیز رخ دهند. تهیه نقشه برنامه‌ریزی زمین‌لغزش‌ها بسیار با اهمیت است، چراکه این‌گونه نقشه‌ها چیزی فراتر از شناسایی محض زمین‌لغزه‌های موجود است و می‌توان به کمک آن بروز خطر را در مناطقی که امکان برهم زدن تعادل دامنه‌ای ظاهر کنونی وجود دارد، تشخیص داد. کنترل زمین‌لغزش در حال وقوع، اغلب امکان‌پذیر نبوده و در صورت امکان بسیار پر هزینه است، اما وقوع آن را در مناطق مستعد می‌توان پیشگیری کرد؛ کنترل لغزش‌هایی که در اثر عوامل طبیعی شکل می‌گیرند اغلب به‌سادگی میسر نیست. درصورتی‌که زمین‌لغزش‌های ناشی از عوامل مصنوعی، مدیریت‌پذیرتر هستند بااین‌وجود با توجه به اثرات مرکب عوامل طبیعی و مصنوعی در وقوع این پدیده طبیعی در مناطق مختلف می‌توان از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای تعیین مناطق حساس به فرسایش و به تهیه نقشه پهنه‌بندی زمین‌لغزش با استفاده از نرم‌افزار GIS به تهیه نقشه پهنه‌بندی زمین‌لغزش پرداخت.

1 Demir
2 Khanh Linh
3 Luoi
4 Wen Fan
5 El Bchari

٢- منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز سد گلال به‌عنوان یکی از حوضه‌های آبخیز مرزی استان ایلام در ٨/٢ کیلومتری شرق شهر ایوان و در ٦/٦ کیلومتری شمال غرب شهر چوار و در محدودهٔ دهستان چوار از توابع شهرستان ایلام واقع شده است. این حوضه آبخیز در مختصات جغرافیایی ٤٧ً ٠٣َ ٤٦ْ تا ٣٨ً ١٤َ ٤٦ْ طول شرقی و ١٩ً ٤٢َ ٣٣ْ تا ٤٢ً ٤٩َ ٣٣ْ عرض شمالی قرار گرفته است. مساحت کل حوضه آبخیز ١١،٨٢٣ هکتار و حداکثر ارتفاع آن ١٠٤٠ و حداقل ٩٤٠ متر می‌باشد. از نظر اقلیمی این حوضه آبخیز تحت تأثیر جریانات غربی است که عمده فعالیت آن‌ها در فاصله آبان تا فروردین ماه است و فصل خشک کاملاً منطبق بر فصل گرم است که طول این فصل در حدود ٤ ماه می‌باشد. متوسط بارش سالانه آن ٦٠٠ میلیمتر و نوع اقلیم بر اساس طبقه‌بندی دمارتن نیمه خشک متوسط تا شدید است. موقعیت حوضه آبخیز سد گلال در شکل (١) نشان داده شده است.



شکل ١- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در کشور و استان

مطالعه حاضر با هدف تهیه نقشه حساسیت زمین‌لغزش در حوضه آبخیز سد گلال استان ایلام انجام شد. بدین منظور ابتدا مبانی نظری و تئوریک پژوهش بر اساس مطالعات اسنادی، کتابخانه‌ای و مراجعه به سازمانها و ارگانهای

مربوطه انجام گرفت. سپس معیارها و زیر معیارهای مورد استفاده به‌منظور تهیه نقشه حساسیت زمین‌لغزش شناسایی شد که این معیارها شامل: زمین‌شناسی، ارتفاع، شیب، بارش، فاصله از گسل، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده، خاک و کاربری اراضی می‌باشند. لایه‌های تهیه شده از معیارهای تأثیرگذار در نرم افزار Arc GIS ۱۰،۳ مورد پردازش و تحلیل فضایی قرار گرفتند. به‌منظور وزن دهی و تعیین اهمیت نسبی هر یک از معیارها، از روش تصمیم گیری تحلیل سلسله مراتبی در نرم افزار Choice Expert استفاده شد.

۳- مواد و روش‌ها

۳-۱- مواد

حوضه آبخیز سد گلال دارای پتانسیل بالای زمین‌لغزش می‌باشد و زمین‌لغزش‌های زیادی در آن به وقوع پیوسته است. جهت به نقشه در آوردن زمین‌لغزش به وقوع پیوسته در حوضه مورد مطالعه، عکس‌های هوایی منطقه به روش استریوسکوپی تفسیر و مناطق مشکوک به لغزش تعیین گردید. سپس با بررسی‌های میدانی و استفاده از دستگاه GPS با دقت بسیار بالا موقعیت دقیق زمین‌لغزش‌ها شناسایی شد و در نهایت ۲۶ زمین‌لغزش در منطقه ثبت گردید (شکل ۲). با توجه به نتایج به دست آمده از پرسشنامه‌های که توسط معاونت آبخیزداری استان ایلام تهیه شده‌اند و همچنین استفاده از تجربیات افراد بومی منطقه ۸ عامل زمین‌شناسی، ارتفاع، شیب، بارش، فاصله از گسل، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده و کاربری اراضی به‌عنوان عوامل مؤثر اولیه تشخیص داده شدند.

۳-۲- روش‌ها

روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM)[1] به دو دسته تصمیم‌گیری چند هدفه (MODM)[2] و تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM)[3] تقسیم می‌شوند. هدف از تصمیم‌گیری انتخاب بهترین گزینه یا وزن دهی به عوامل تصمیم‌گیری است. هر روش تصمیم‌گیری وظیفه خاصی دارد یکی هدف وزن دهی به معیارها، یکی هدفش رتبه بندی گزینه‌ها و دیگری هدف ارزیابی معیارها می‌باشد که در اینجا به بررسی یک مورد از پرکاربردترین روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه خواهیم پرداخت.

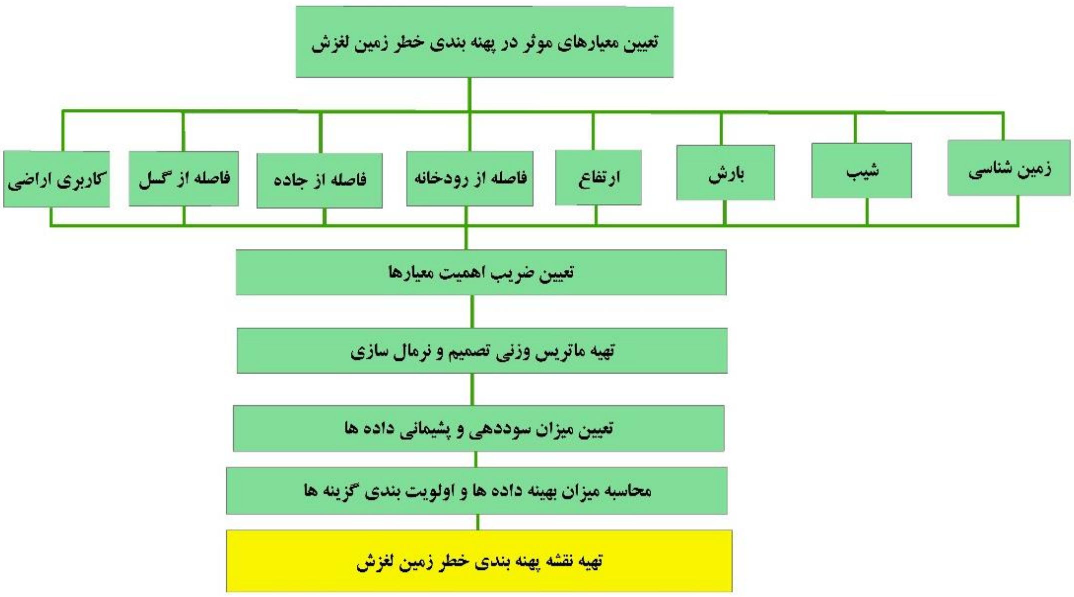
مدل ویکور (VIKORE)[4]

روش تصمیم‌گیری چند معیاره **ویکور** یکی از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای انتخاب بهترین گزینه است. این مدل توسط اپریکویک به سال ۱۹۸٤ ارائه شد. تکنیک ویکور یک روش سازشی است و به تصمیم‌گیری

1 Multi-Criteria Decision Making
2 Multi-Purpose Decision Making
3 Multiple Attribute Decision Making
4 Vlse Kriterijumsk Optimizacija Kompromisno Resenje

پیرامون گزینه‌ها براساس معیارهای مختلف کمک می‌کند. منظور از جواب سازشی نزدیکترین جواب موجه به جواب ایده آل است. کلمه سازش به یک توافق متقابل اطلاق می‌گردد. روش ویکور از طریق ارزیابی گزینه‌ها بر اساس معیارها، گزینه‌ها را اولویت بندی یا رتبه بندی می‌کند. در تکنیک ویکور معیارها وزن دهی نمی‌شوند بلکه معیارها از طریق روش‌های دیگر ارزیابی می‌شود و سپس گزینه‌ها بر اساس معیارها و با ترکیب در ارزش معیارها، ارزیابی شده و رتبه بندی می‌شوند. در این مدل همواره چند گزینه مختلف وجود دارد که این گزینه‌ها بر اساس چند معیار به صورت مستقل ارزیابی می‌شوند و در نهایت گزینه‌ها بر اساس ارزش، رتبه بندی می‌گردند. مراحل روش ویکور به صورت خلاصه عبارت از:

۱- تشکیل ماتریس تصمیم ۲- تعیین بردار وزن معیارها (به کمک یکی از روش‌های تصمیم‌گیری مانند AHP، نظر خبرگان و ...) ۳ - تعیین نقطه ایده آل مثبت و ایده آل منفی ٤- محاسبه مقدار سودمندی (Si) و مقدار تأسف (Ri) برای هر راهکار ٥- محاسبه شاخص ویکور (Qi) برای هر راهکار ٦- مرتب کردن راهکارها بر اساس مقادیر Si، Ri و Qi ٧- پیشنهاد راهکار سازشی با توجه به دو شرط: ۱) مزیت قابل قبول: به این معناست راهکار سازشی می‌بایست با راهکار بعدی خود تفاوت قابل ملاحظه‌ای داشته باشد. ۲) ثبات قابل قبول در تصمیم‌گیری: به این معناست که راهکار سازشی انتخاب شده باید حداکثر مطلوبیت گروهی و حداقل تأثر فردی را داشته باشد. در صورتی که شرایط بالا برای راهکار سازشی بر قرار نباشد به جای یک راهکار یک مجموعه راهکار سازشی ارائه می‌شود (شکل۲).



شکل ۲- نمودار روش مطالعاتی انجام گرفته برای رسیدن به نقشۀ حساسیت پذیری زمین‌لغزش

٤- نتایج و بحث

پس از تهیهٔ معیارهای انتخابی، ضریب اهمیت معیارهای مذکور از نقطه نظر درجه اهمیت در وقـوع زمین‌لغـزش و حساسیت پذیری حوضه‌ها به‌این پدیده، به کمک الگوریتم تحلیل سلسله مراتبی AHP تعیین می‌گردد (جدول ۱).

جدول ۱- ضریب اهمیت معیارهای مؤثر در وقوع زمین‌لغزش در حوضهٔ مطالعاتی با کمک روشAHP

معیار	زمین‌شناسی	شیب	بارش	ارتفاع	فاصله از رودخانه	فاصله از جاده	فاصله از گسل	کاربری اراضی
ضریب اهمیت	۰/۲۹	۰/۲۰	۰/۱٦	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۰٦	۰/۰۵	۰/۰٤

به‌منظور وزن دهی گزینه‌ها بر اساس نقش هر معیار در گزینهٔ مـورد نظـر (نقـش هـر عامـل مـؤثر در زمین‌لغـزش زیرحوضه)، از بازهٔ وزن‌دهی قطعی یک تا ده استفاده شده است؛ به گونه‌ای که وزن ۱ کمترین تأثیر و ۱۰ بالـاترین تـأثیر را در خطر زمین‌لغزش نشان می‌دهد. پس از تعیین ضریب اهمیت معیارها، ماتریس تصمیم اوزان برای انجـام الگـوریتم ویکور، براساس رابطهٔ (۱) تهیه شد. همانطورکه مشخص است، ۸ معیار در ارزیابی شش گزینه نقش دارند کـه معـرف حوضه‌های آبریز منطقهٔ مطالعاتی هستند. جدول (۲) تشکیل ماتریس تصـمیم‌گیری بـر اسـاس پارامترهـای مـؤثر را در زیر حوضه‌های منطقه مطالعاتی را نشان می‌دهد.

$$D = \begin{array}{c} \\ A_1 \\ \vdots \\ A_6 \end{array} \begin{array}{c} \begin{matrix} C_1 & \cdots & C_9 \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ a_{m1} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} \end{array}$$

رابطه (۱)

جدول۲-ماتریس تصمیم‌گیری براساس معیارهای مؤثر در وقوع زمین‌لغزش

معیار / زیرحوضه	زمین‌شناسی	شیب	بارش	ارتفاع	فاصله از رودخانه	فاصله از جاده	فاصله از گسل	کاربری اراضی
زمزمان	٦	٦	۸	۵	۵	۵	۵	۵
حاجی بختیار	٤	۵	٦	۵	٦	٦	٦	٦
داره میرناصر	۸	۳	۵	۷	٤	٤	٤	٤
بان سوهان	۵	٦	۷	٦	۸	۸	۸	۸
پلکانه	٦	٤	۲	۵	۷	۷	۷	۷
چگا	۹	۵	۳	٤	۵	۵	۵	۵
چگان	۷	۲	٦	٦	٤	٤	٤	٤

پس از انجام وزن دهی و تهیهٔ ماتریس وزنی، مقادیر ماتریس بـا اسـتفاده از رابطـهٔ (۲) نرمـال شـدند. جـدول (۳)، مقادیر نرمال شده یا به گفته‌ای ماتریس وزنی نرمال شده را نشان می‌دهد.

$$r_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} X_{ij}^{2}}}$$ رابطه (۲)

جدول ۳- مقادیر نرمال شدهٔ اوزان گزینه‌ها (زیرحوضه‌ها) براساس معیارهای مؤثر در وقوع زمین‌لغزش

معیار / زیرحوضه	زمین‌شناسی	شیب	بارش	ارتفاع	فاصله از رودخانه	فاصله از جاده	فاصله از گسل	کاربری اراضی
زمزمان	۳٦	۳٦	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵
حاجی بختیار	۱٦	۲۵	۳٦	۲۵	۳٦	۳٦	۳٦	۳٦
داره میرناصر	٦٤	۹	۲۵	٤۹	۱٦	۱٦	۱٦	۱٦
بان سوهان	۲۵	۳٦	٤۹	۳٦	٦٤	٦٤	٦٤	٦٤
پلکانه	۳٦	۱٦	٤	۲۵	٤۹	٤۹	٤۹	٤۹
چگا	۸۱	۲۵	۹	۱٦	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵
چگان	۳۰۷	۱۵۱	۲۲۳	۲۱۲	۲۳۱	۲۳۱	۲۳۱	۲۳۱
جمع	٤۹	٤	۳٦	۳٦	۱٦	۱٦	۱٦	۱٦

در مرحلهٔ بعد عدد هر ماتریس را تقسیم بر مجذور مجموع هر ستون کرده و در جدول (٤) نوشته می‌شود.

جدول ٤- مقادیر نرمال شدهٔ اوزان گزینه‌ها (زیرحوضه‌ها) براساس معیارهای مؤثر در وقوع زمین‌لغزش

معیار / زیرحوضه	زمین‌شناسی	شیب	بارش	ارتفاع	فاصله از رودخانه	فاصله از جاده	فاصله از گسل	کاربری اراضی
زمزمان	۰/۳٤۲	۰/٤۸۸	۰/۵۳٦	۰/۳٤۳	۰/۳۲۹	۰/۳۲۹	۰/۳۲۹	۰/۳۲۹
حاجی بختیار	۰/۲۲۸	۰/٤۰۷	۰/٤۰۲	۰/۳٤۳	۰/۳۹۵	۰/۳۹۵	۰/۳۹۵	۰/۳۹۵
داره میرناصر	۰/٤۵۷	۰/۲٤٤	۰/۳۳۵	۰/٤۸۱	۰/۲٦۳	۰/۲٦۳	۰/۲٦۳	۰/۲٦۳
بان سوهان	۰/۲۸۵	۰/٤۸۸	۰/٤٦۹	۰/٤۱۲	۰/۵۲٦	۰/۵۲٦	۰/۵۲٦	۰/۵۲٦
پلکانه	۰/۳٤۲	۰/۳۲٦	۰/۱۳٤	۰/۳٤۳	۰/٤٦۱	۰/٤٦۱	۰/٤٦۱	۰/٤٦۱
چگا	۰/۵۱٤	۰/٤۰۷	۰/۲۰۱	۰/۲۷۵	۰/۳۲۹	۰/۳۲۹	۰/۳۲۹	۰/۳۲۹
چگان	۰/٤۰۰	۰/۱٦۳	۰/٤۰۲	۰/٤۱۲	۰/۲٦۳	۰/۲٦۳	۰/۲٦۳	۰/۲٦۳

بعد از نرمال سازی و تهیهٔ ماتریس نرمال وزنـی، بـرای بدسـت آوردن مقـادیر سـودمندی و پشـیمانی بـر اسـاس الگوریتم بهینه سازی ویکور، مراحل زیر روی مـاتریس وزنـی نرمـال انجـام گرفـت. جهـت وزن دار کـردن، مقـادیر

ماتریس نرمال هر یک از گزینه‌ها بر وزن معیارها (که قبلاً از روش‌های دیگر بـه دسـت آمـده بـود) ضـرب مـی‌گـردد (جدول ٥).

جدول ٥- وزن دار کردن مقادیر نرمال شدهٔ اوزان گزینه‌ها براساس معیارهای مؤثر در وقوع زمین‌لغزش

معیار / زیرحوضه	زمین‌شناسی	شیب	بارش	ارتفاع	فاصله از رودخانه	فاصله از جاده	فاصله از گسل	کاربری اراضی
a_{ij}	٠/٢٩	٠/٢٠	٠/١٦	٠/١٠	٠/٠٨	٠/٠٦	٠/٠٥	٠/٠٤
زمزمان	٠/٠٦٢	٠/١٠٧	٠/٠٥٤	٠/٠٨٦	٠/٠٨٢	٠/٤١١	٠/٧٤٠	١/٠٦٩
حاجی بختیار	٠/٠٤١	٠/٠٩٠	٠/٠٤٠	٠/٠٨٦	٠/٠٩٩	٠/٤٩٣	٠/٨٨٨	١/٢٨٣
داره میرناصر	٠/٠٨٢	٠/٠٥٤	٠/٠٣٣	٠/١٢٠	٠/٠٦٦	٠/٠٣٢٩	٠/٥٩٢	٠/٨٥٥
بان سوهان	٠/٠٥١	٠/١٠٧	٠/٠٤٧	٠/١٠٣	٠/١٣٢	٠/٦٥٨	١/١٨٤	١/٧١١
پلکانه	٠/٠٦٢	٠/٠٧٢	٠/٠١٣	٠/٠٨٦	٠/١١٥	٠/٥٧٦	١/٠٣٦	١/٤٩٧
چگا	٠/٠٩٢	٠/٠٩٠	٠/٠٢٠	٠/٠٦٩	٠/٠٨٢	٠/٤١١	٠/٧٤٠	١/٠٦٩
چگان	٠/٠٧٢	٠/٠٣٦	٠/٠٤٠	٠/١٠٣	٠/٠٦٦	٠/٣٢٩	٠/٥٩٢	٠/٨٥٥

تعیین مقادیر بالاترین و پایین‌ترین ارزش ماتریس نرمال وزنی

بزرگ‌ترین و کوچکترین عدد هر ستون تعیین مـی‌گـردد. در اینجـا منظـور از بزرگتـرین عـدد، یعنـی عـددی کـه بیشترین ارزش مثبت را داراست و کوچکترین، یعنی بیشترین ارزش منفـی. پـس اگـر معیـار مـا از نـوع منفـی باشـد، بزرگ‌ترین عدد برعکس می‌شود یعنی می‌شود کمترین مقـدار و کوچـک‌ترین مـی‌شـود بیشـترین مقـدار و بـالعکس جدول (٦).

رابطه ٣:

$$f_i^* = \max_j f_{ij} ; \quad f_i^- = \min_j f_{ij}$$

جدول ٦- بیشترین و کمترین مقادیر نرمال شدهٔ هر یک از معیارها

زمین‌شناسی	شیب	بارش	ارتفاع	فاصله از رودخانه	فاصله از جاده	فاصله از گسل	کاربری اراضی	معیار
٠/٠٩٢	٠/١٠٧	٠/٠٥٤	٠/١٢٠	٠/١٣٢	٠/٦٥٨	١/١٨٤	١/٧١١	f max
٠/٠٤١	٠/٠٣٦	٠/٠١٣	٠/٠٦٩	٠/٠٦٦	٠/٣٢٩	٠/٥٩٢	٠/٨٥٥	f min
٠/٠٥١	٠/٠٧٢	٠/٠٤٠	٠/٠٥٢	٠/٠٦٦	٠/٣٢٩	٠/٥٩٢	٠/٨٥٥	$f_i^- - f_j^*$

محاسبهٔ مقدار سودمندی وتأسف معیارها

دراین مرحله با توجه به مقادیر مثبت و منفی محاسبه شده در مرحلهٔ قبل، فاصلهٔ هـر گزینـه از راه حـل ایـده آل و سپس حاصل جمع آن‌ها برای ارزش نهایی براسـاس رابطـه ٤ محاسـبه شـد. بـه بیـانی درایـن مرحلـه سـودمندی[1] و پشیمانی[2] حاصل ازانتخاب یک گزینه، به منزلهٔ رتبهٔ برتر محاسبه می‌شـود. مقادیرحـداقل بـرای هـر دو مقـدار معـرف کمترین فاصله از راه حل ایده آل (گزینه برتر) است که کمترین پشیمانی و بیشترین سودمندی را به همراه دارد.

$$S_j = \sum_{i=1}^{n} w_i \cdot \frac{f_i^* - f_{ij}}{f_i^* - f_i^-}; \qquad R_j = \max_i \left[w_i \cdot \frac{f_i^* - f_{ij}}{f_i^* - f_i^-} \right]$$

رابطه٤ :

f^* = بزرگ‌ترین عدد ماتریس نرمال وزنی برای هر ستون fij = عدد گزینه مورد نظر برای هر معیـار در مـاتریس نرمال وزنی f^- = کوچک‌ترین عدد ماتریس نرمال زونی برای هر ستون W = ضریب AHP

طبیعتاً برای گزینه به ازای هر معیار یک شاخص مطلوبیت به دست می‌آید کـه مجمـوع آن‌هـا شـاخص نهـایی Sj گزینه را مشخص می‌کند. بزرگ‌ترین Sj هر گزینه به ازای هـر معیـار، شـاخص نارضـایتی (Rj) آن گزینـه مـی‌باشـد. برترین و بدترین رتبه براساس ارزش Sj و Rj به دست می‌آید (جدول ۷).

جدول ۷- شاخص مطلوبیت (Sj) و شاخص نارضایتی (Rj)

معیار / مناطق	زمین‌شناسی	شیب	بارش	ارتفاع	فاصله از رودخانه	فاصله از جاده	فاصله از گسل	کاربری اراضی	Sj	Rj
a_{ij}	۰/۲۹	۰/۲۰	۰/۱٦	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۰٦	۰/۰۵	۰/۰٤	–	–
زمزمان	۰/۱۰۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱٦۷	۰/۱۸۸	۰/۹۳۸	۱/٦۸۸	۲/٤۳۸	۵/۵۲۵	۲/٤۳۸
حاجی بختیار	۰/۱۸۰	۰/۰۵۵	۰/۰۳۳	۰/۱٦۷	۰/۱۲۵	۰/٦۲۵	۱/۱۲۵	۱/٦۲۵	۳/۹۳۵	۱/٦۲۵
داره میرناصر	۰/۰۳٦	۰/۱٦۵	۰/۰۵۰	۰/۰۰۰	۰/۲۵۰	۰/۲۵۰	۲/۲۵۰	۰/۲۵۰	۷/۲۵۱	۳/۲۵۰
بان سوهان	۰/۱٤٤	۰/۰۰۰	۰/۰۱۷	۰/۰۸۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۲٤٤	۰/۱٤٤
پلکانه	۰/۱۰۸	۰/۱۱۰	۰/۱۰۰	۰/۱٦۷	۰/۰٦۳	۰/۳۱۳	۰/۵٦۳	۰/۸۱۳	۲/۲۳۵	۰/۸۱۳
چگا	۰/۰۰۰	۰/۰۵۵	۰/۰۸۳	۰/۲۵۰	۰/۱۸۸	۰/۹۳۸	۱/٦۸۸	۲/٤۳۸	۵/٦۳۸	۲/٤۳۸
چگان	۰/۰۷۲	۰/۲۲۰	۰/۰۳۳	۰/۰۸۳	۰/۲۵۰	۱/۲۵۰	۲/۲۵۰	۳/۲۵۰	۷/٤۰۹	۳/۲۵۰

محاسبهٔشاخص ویکور (Q) و رتبه بندی نهایی گزینه‌ها

در نهایت پس از محاسبهٔ مقادیر سودمندی و پشیمانی شاخص ویکور (Q) برای هرگزینـه (زیرحوضـهٔ مطالعـاتی) به صورت مجزا و براساس رابطهٔ (۵) محاسبه شد (جدول ۸).

---

1 Utility measure
2 Regret measure

رابطه ۵:

$$Q_j = v \cdot \frac{S_j - S^-}{S^* - S^-} + (1-v) \cdot \frac{R_j - R^-}{R^* - R^-}$$

V = عدد ثابت ۰/۵

Sj = مجموع مقدار S برای هر گزینه — S^- = بزرگ‌ترین عدد شاخص S برای هر گزینه

S^* = کوچک‌ترین عدد شاخص S برای هر گزینه — Rj = مقدار R برای هر گزینه

R^- = بزرگ‌ترین عدد شاخص R برای هر گزینه — R^* = کوچک‌ترین عدد شاخص R برای هر گزینه

جدول ۸- مقادیر شاخص ویکور در زیر حوضه‌های منطقه مطالعاتی آبخیز سد گلال استان ایلام

زیرحوضه	زمزمان	حاجی بختیار	داره میرناصر	بان سوهان	پلکانه	چگا	چنان
مقدار Q	۰/۲۶۲	۰/۵۰٤	۰/۰۱۱	۰/۲۸۹	۰/۰۷٤	۰/۰۳۳	۰/۰۰۰

در این مرحله بر اساس مقادیر Q محاسبه شده در گام قبل، گزینه‌ها رتبه بندی و تصمیم بهینه در ارتباط با انتخاب گزینه برتر (حساسیت پذیری بالاتر به زمین‌لغزش) انجام گرفت؛ به گونه‌ای که در این مرحله مقادیر S، R و Q در سه گروه برای هر گزینه تعیین و مشخص شد. در نهایت گزینه‌های که در هر سه گروه مناسب شناخته شد، با عنوان گزینه برتر انتخاب شد (جدول ۹).

جدول ۹- رتبه بندی مقادیر Q، R و S بر ای زیر حوضه‌های مطالعاتی آبخیز سد گلال استان ایلام

منطقه (زیر حوضه)	سودمندی (S)	رتبه	پشیمانی (R)	رتبه	شاخص ویکور (Q)	رتبه
زمزمان	۵/۵۲۵	٤	۲/٤۳۸	٤	۰/۲٦۲	٤
حاجی بختیار	۳/۹۳۵	۳	۱/٦۲۵	۳	۰/۵۰٤	۵
داره میرناصر	۷/۲۵۱	٦	۳/۲۵۰	۵	۰/۰۱۱	۲
بان سوهان	۰/۲٤٤	۱	۰/۱٤٤	۲	۱/۰۰۰	۷
پلکانه	۲/۲۳۵	۲	۰/۸۱۳	۱	۰/۷۵۳	٦
چگا	۵/٦۳۸	۵	۲/٤۳۸	٤	۰/۲۵٤	۳
چگان	۷/٤۰۹	۷	۳/۲۵۰	۵	۰/۰۰۰	۱

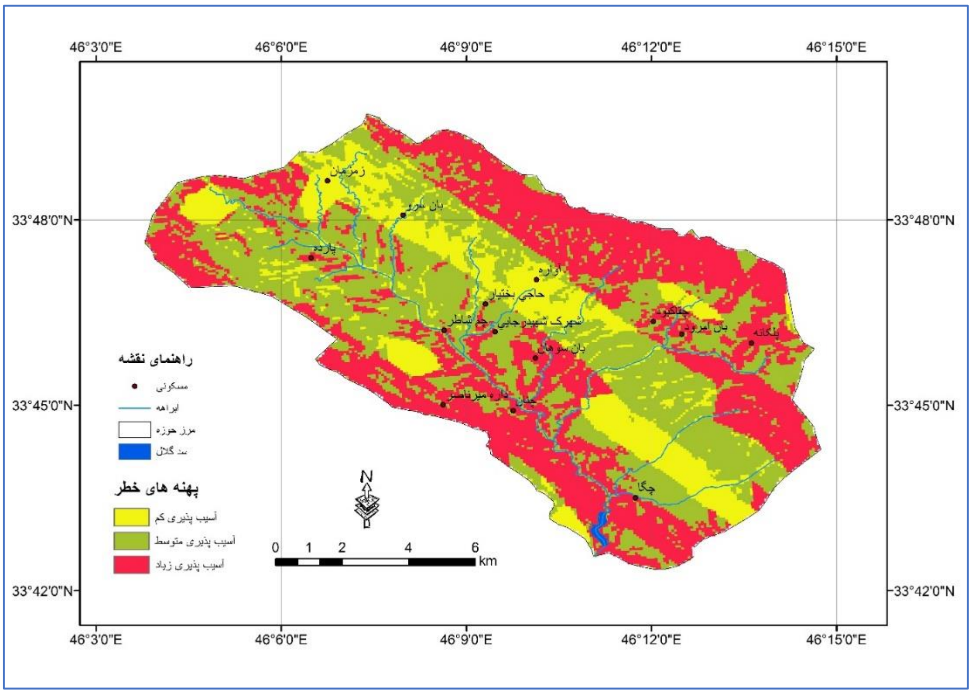
رتبه بندی گزینه‌ها بر اساس مقادیر Q

پس از تعیین رتبهٔ Q و دسته بندی مقادیر R و S برای تهیهٔ نقشهٔ حساسیت پذیری زیر حوضه‌های مطالعاتی به زمین‌لغزش بر پایهٔ مقادیر شاخص بهینه سازی ویکور (Q)، مناطق در سه کلاس کیفی حساسیت پذیری کم، حساسیت پذیری متوسط و حساسیت پذیری زیاد طبقه‌بندی شدند (جدول ۱۰). در نهایت بر اساس طبقات

حساسیت و مقادیر کمّی Q، نقشۀ حساسیت پذیری منطقۀ مطالعـاتی بـه زمین‌لغـزش در محـیط GIS تهیـه مـی‌شـود (شکل ۳).

جدول ۱۰- کلاس بندی کمّی وکیفی درجه حساسیت پذیری زمین‌لغزش

درجه حساسیت پذیری	کلاس (طبقه)	مقدار کمی ویکور (Q)
کم	I	> ۰/٦
متوسط	II	۰/۳ – ۰/٦
زیاد	III	<۰/۳



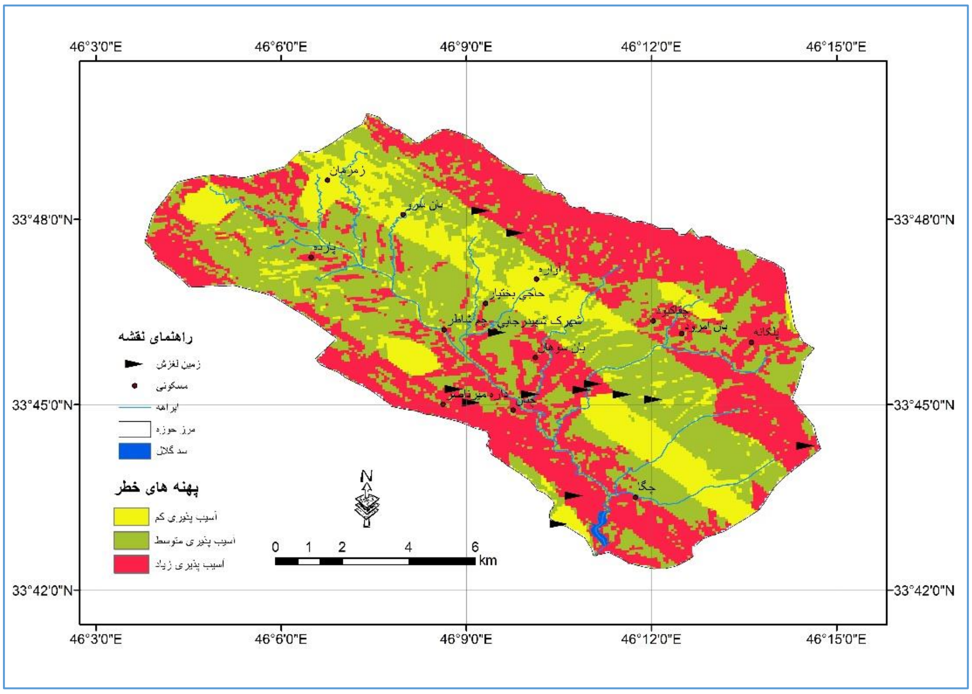
شکل۳- نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبخیز سد گلال با استفاده از روش ویکور

جدول ۱۱- مساحت و درصد پهنه‌های خطر زمین‌لغزش در خوزه آبخیز سد گلال

ردیف	طبقۀ خطر	مساحت پهنه (هکتار)	مساحت پهنه (درصد)
۱	خطر کم	۲۰٦٦	۱۷/٥
۲	خطر متوسط	٥۰۱۷	٤۲/٤
۳	خطر زیاد	٤۷٤۰	٤۰/۱
مجموع		۱۱۸۲۳	۱۰۰

صحت سنجی نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش

به‌منظور صحت سنجی نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، اقدام به تطبیق نقشه زمین‌لغزش‌ها بر روی نقشه پهنه‌بندی گردید. از انطباق این دو نقشه می‌توان نتیجه گرفت که از همخوانی نقشه پهنه‌بندی تهیه شده و لغزشهای موجود می‌توان به صحت نقشه حاصل پی برد و همچنین مشخص شد که مدل ویکور مورد استفاده در این پژوهش روش کاملاً مناسبی جهت پهنه‌بندی خطر احتمال وقوع زمین‌لغزش در حوضه مورد مطالعه می‌باشد (شکل ٤).



شکل٤- نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبخیز سد گلال با استفاده از روش ویکور

٥- نتیجه‌گیری

زمین‌لغزش پدیده‌ای طبیعی است که از پایین افتادن یا حرکت یکپارچه و اغلب سریع حجمی از مواد رسوبی در امتداد دامنه‌ها رخ می‌دهد. سرعت عملکرد و وسعت آن اغلب پدیده‌های دیدنی و فاجعه باری به وجود می‌آورد و ممکن است ده‌ها و صدها هزار مترمکعب سنگ و خاک را یکجا تحت تأثیر قرار دهد. با توجه به مطالب گفته شده می‌توان گفت که مهم‌ترین عامل ایجاد زمین‌لغزش، ناپایداری در شیب‌ها به واسطهٔ آب است و بیشترین زمین‌لغزش‌ها در لغزشهای قدیمی دیده می‌شود. بهترین اقدام در این زمینه، شناسایی این مناطق و دوری گزیدن از آنهاست و این امر هم، تنها زمانی ممکن می‌شود که نقشهٔ پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش تهیه شود.

در پـژوهش حاضـر ارزیـابی خطـر زمین‌لغـزش در حوضـه آبخیـز سـد گلـال اسـتان ایلـام بـا اسـتفاده از روش تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM) انجام شـده اسـت. بـر ایـن اسـاس، از بـین عوامـل مختلـف تعـداد ۸ پـارامتر زمین‌شناسی، ارتفاع، شیب، بارش، فاصله از گسل، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده و کاربری اراضی بـه‌عنوان مهم‌تـرین پارامترهای مؤثر در وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه، تشخیص داده شدند، درنهایت بـا توجـه بـه عوامـل مـؤثر در وقـوع زمین‌لغزش و انجام مراحل مدل با استفاده از نرم افزارهای Choices Expert به تعیین اهمیت معیارهـا پرداختـه شـد و در نهایت نقشه نهایی پهنه‌بندی تهیه شد.

به‌طورکلی مراحل روش ویکور طی مراحل ذیل انجام گرفت: ۱- تشکیل مـاتریس تصـمیم ۲- تعیـین بـردار وزن معیارها (به کمک یکی از روش‌های تصمیم‌گیری مانند AHP، نظر خبرگـان و ...) ۳ - تعیـین نقطـه ایـده آل مثبـت و ایده آل منفی ٤- محاسبه مقدار سودمندی (Si) و مقدار تأسف (Ri) برای هـر راهکـار ٥- محاسـبه شـاخص ویکـور (Qi) برای هر راهکار ٦- مرتب کردن راهکارها بر اساس مقادیر Si، Ri و Qi ۷- پیشـنهاد راهکـار سازشـی. بعـد از بدست آوردن مقدار Q نقشه پهنه‌بندی در سه طبقه خطر کم، خطر متوسط، و خطر زیاد تشکیل شده اسـت کـه طبقـه خطر متوسط با مساحت ۵۰۱۷ هکتار و طبقه خطر زیاد با مساحت ٤۷٤۰ هکتار و طبق خطـر کـم بـا مسـاحت۲۰٦٦ هکتار به ترتیب سطح حوضه را تشکیل می‌دهند. نتایج تحقیق نشان داد که از بین عوامل مـؤثر در وقـوع زمین‌لغـزش، عوامل زمین‌شناسی، شیب و بارش بترتیب با ۰/۲۹، ۰/۲۰ و ۰/۱٦ امتیـاز بیشـترین تـأثیر و عوامـل کـاربری اراضـی و خاک بترتیـب بـا ۰/۰۳ و ۰/۰٤ امتیـاز کمتـرین تـأثیر در وقـوع زمین‌لغـزش منطقـه را دارا هسـتند. بیشـترین تعـداد زمین‌لغزش‌ها عمدتاً منطبق بر پادگانه‌های آبرفتی Qt2 و آبرفت‌های کواترنری و آهک‌های خاکستری با میـان لایـه‌های شیل و در فواصل ۵۰۰ متری از رودخانه اصلی و همچنین اراضی شیب دار واقع شده‌اند. بر پایه الگـوریتم بهینه‌سـازی ویکور، درجه سودمندی و پشیمانی انتخاب گزینه‌های برتر (زیرحوضه هـا)، مشـخص و در پایـان بـا محاسـبه میـزان شاخص بهینه ویکور (Q)، زیر حوضه‌ها برحسـب درجـه حساسـیت پـذیری بـه زمین‌لغـزش در سـه کلـاس کیفـی حساسیت پذیری کم، متوسط و زیاد طبقه‌بندی شدند. بر اساس مدل ویکور با افـزایش مقـدار شـاخص ویکـور (Q)، توان و استعداد و یا به عبارتی حساسیت به زمین‌لغزش کاهش می‌یابد و بالاعکس بـا کـاهش مقـدار شـاخص ویکـور (Q)، توان و استعداد و یا به عبارتی حساسیت به زمین‌لغزش افزایش پیدا می‌کند؛ بنـابراین زیرحوضـه هـای چگـان و داره میرناصر کمترین مقدار Q (بیشترین حساسیت به زمین‌لغزش) و زیرحوضه هـای بـان سـوهان و پلکانـه بیشـترین مقدار Q (کمترین حساسیت به زمین‌لغزش) هستند.

از انطباق نقشه پهنه‌بندی زمین‌لغزش با نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها مـی‌تـوان نتیجـه گرفـت کـه اسـتفاده از روش ویکور به‌عنوان یکی از روش‌های تحلیل تصمی مگیری چند معیاره، از دقت نسبی بالایی جهـت مطالعـۀ زمین‌لغـزش حوضه آبخیز مورد مطالعه برخوردار اسـت کـه بـا نتـایج تحقیقـات مـددی و همکـاران (۱۳۹٤)، سـپهر و همکـاران

(۱۳۹۲)، امیری و همکـاران (۱۳۹۷)، حجـازی و همکـاران (۱۳۹۸)، بنـی حبیـب و چیـت سـاز (۱۳۹۵)، انتظـاری و همکاران (۱۳۹۵) و حجازی و همکاران (۱۳۹۸) که کـارایی بالـای مـدل ویکـور در تحقیقـات خـود را نشـان دادنـد مطابقت و همخوانی دارد. نتایج حاصل از این مطالعه حاکی از توان بالـای حوضـه ازلحـاظ رخـداد حرکـات لغزشـی می‌باشد. لذا اراضی بسیار پرخطر و پرخطر اراضی هستند که باید اقدامات حفـاظتی و آبخیـزداری در آن انجـام گیـرد. همچنین نباید تخریب و کارهای غیراصولی از قبیل تخریب پوشش گیاهی در اثر تبـدیل اراضـی مرتعـی بـه زراعـی و کاهش کمی و کیفی پوشش گیاهی در اثر چرای بی رویه دامها، کشت دیم در اراضی شیب دار، عـدم رعایـت تنـاوب زراعی و احداث غیراصولی جاده انجام گیرد. از نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در آبخیز سد گلال ایلام مـی‌تـوان در برنامه‌ریزی‌های آتی مدیریت منابع طبیعی (حفاظت خاک، ممانعت از تخریب جنگل‌ها و مراتع، درختکـاری، عملیـات آبخیزداری و ...)، برنامه‌ریزی توسعه فیزیکی (شناخت نواحی مستعد ساخت و ساز، نواحی مستعد انتقـال و جابجـایی روستاها، نواحی مستعد عبور خطوط و مسیرهای انتقال نیـرو (انـرژی)، شـناخت نـواحی مسـتعد بـرای راه سـازی و همچنین برنامه‌ریزی توریستی مورد استفاده بسیاری از سازمان‌ها و نهادهـای مـرتبط بـا مـدیریت و برنامـه‌ریزی منـابع طبیعی و برنامه‌ریزی توسعه فیزیکی قرار گیرند. در پایـان بـا شناسـایی منـاطق آسـیب پـذیر و پهنه‌بنـدی زمین‌لغـزش به‌منظور کاهش خسارات ناشی از حرکات توده‌ای در منطقه مورد مطالعه اقدامات زیر پیشنهاد مـی‌شـود: جلـوگیری از تخریب پوشش گیاهی و کاشت گیاهان بـومی، کـاهش سـطوح شـیبدار و احـداث دیواره‌هـای حائـل، جلـوگیری از احداث غیر اصولی جاده‌ها، ممانعت از فعالیت‌های ناصحیح انسانی و در نهایت مدیریت یکپارچه حوضه آبخیـز مـورد مطالعه.

به‌عنوان نتیجه اصلی از این مدل در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش می‌توان گفت کـه روش ویکـور بـا بهـره گیـری از توافق و نظر جمعی دقت و قدرت زیادی داشته و در عین سادگی روابط ریاضی قویی بـرای تصـمیم‌گیری در اختیـار دارد و در موارد متنوعی از تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

کتابنامه

اصغری سراسکانرود، صیاد؛ پیروزی، الناز؛ زینالی، بتول؛ ۱۳۹٤. پهنه‌بندی خطر سیلاب در حوضه آبخیز آق لاقان چای با استفاده از مدل ویکور. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی*. سال ٤. شماره ۳. صص ۲٤۵-۲۳۱.

امیری، مهدیس؛ پورقاسمی، حمیدرضا؛ عرب عامری، علیرضا؛ ۱۳۹۷. اولویت بندی سیل خیزی زیرحوضه های آبخیز مهارلو در استان فارس با استفاده از پارامترهای مورفومتریک و مدل تصمیم‌گیری VIKOR. *اکوهیدرولوژی*. دوره ۵. شماره ۳. صص ۸۲۷-۸۱۳.

انتظاری، مژگان؛ خدادادی، فاطمه؛ رستمی، اکبر؛ ۱۳۹۵. ارزیابی خطر ریسک زمین‌لغزش حوضه آبخیز طالقان رود بر پایه الگوریتم بهینه‌سازی توافقی ویکور. *مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی*. شماره ۱۷. صص ۳٤-۵.

بنی حبیب، محمدابراهیم؛ چیت ساز، نسترن؛ ۱۳۹۵. مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره ویکور برای ارزیابی گزینه‌های مدیریت سیلاب. *مهندسی آبیاری و آب ایران*. دوره ٦. شماره ۲۵. صص ۸۲–٦۸

حجازی، سید اسدالله؛ روستایی، شهرام؛ رنجبریان شادباد، مریم؛ ۱۳۹۸. ارزیابی و پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از مدل ویکور در حوضه آبریز حاجیلرچای. *فصلنامه جغرافیای طبیعی*. سال دوازدهم. شماره ٤٤. صص ٦٥–٥١.

خدادادی، فاطمه؛ انتظاری، مژگان؛ ساسان پور، فرزانه؛ ۱۳۹۸. تحلیل و پهنه‌بندی مخاطرات ژئومورفولوژیک (لغزش و سیل) استان البرز با استفاده از مدل‌های VIKOR-AHP وFR . *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی* (پژوهش‌های جغرافیایی). دوره ٥۱. شماره ۱. صص ۱۹۹–۱۸۳.

زنگنه شهرکی، سعید؛ زیاری، کرامت اله؛ پوراکرمی، محمد؛ ۱۳۹٦. ارزیابی و تحلیل میزان تاب آوری کالبدی منطقه ۱۲ شهر تهران در برابر زلزله با استفاده از مدل FANP و ویکور. *نشریه جغرافیا*. دوره ۱٥ (دوره جدید). شماره ٥۲. صص ۱۰۱–۸۱.

سپهر، عادل؛ بهنیافر، ابوالفضل؛ محمدیان، عباسعلی؛ عبدالهی، ابوالفضل؛ ۱۳۹۲. تهیه نقشه حساسیت پذیری زمین‌لغزش دامنه‌های شمالی بینالود بر پایه الگوریتم بهینه‌سازی توافقی ویکور. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی*. سال دوم. شماره ۱. ۳٦–۱۹.

سوری، سلمان؛ بهاروند، سیامک؛ احمدیان مقدم؛ رضا و مریم دهبان؛ ۱۳۹۲. پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: حوضه کسمت). *نشریه زمین‌شناسی ژئوتکنیک* (زمین‌شناسی کاربردی). شماره ۲. صص ۱۱۰–۱۰۱.

شریفی کیا، محمد؛ شایان، سیاوش؛ یمانی، مجتبی؛ عرب عامری، علیرضا؛ ۱۳۹۷. طبقه‌بندی زیرحوضه های آبخیز نکارود با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره ی TOPSIS, SAW و VIKOR. *اکوهیدرولوژی*. دوره ٥. شماره ۱. صص ۸۳–٦۹.

عابدینی، موسی؛ پیروزی، الناز؛ آقایاری، لیلا؛ استادی، الناز؛ ۱۳۹٦. پهنه‌بندی خطر سیلاب در شهرستان مشکین شهر با استفاده از مدل ویکور. *جغرافیایی سرزمین*. دوره ۱٤. شماره ٥٦. صص ۳٤–۲۱.

فیض نیا، سادات؛ احمدی، حسن؛ ۱۳۸۰. پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش (حوضه آبریز شلمانرود در استان گیلان). *مجله منابع طبیعی ایران*. شماره ۳. صص ٥۸–٥۰.

کریمی، حاجی؛ نادری، فتح اله؛ ناصری، بهروز ؛ سلاجقه، علی؛ ۱۳۹۳. مقایسه مدل‌های مختلف برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبخیز زنگوان ایلام. *نشریه مرتع و آبخیزداری (منابع طبیعی ایران)*. دوره ۳. شماره ٦۷. صص ٤۷٤–٤٥۹.

مددی، عقیل؛ غفاری گیلانده، عطا؛ پیروزی، الناز؛ ۱۳۹٤. ارزیابی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل ویکور (مطالعه موردی: حوضه آبخیز آق لاقان چای). *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی*. شماره ٤. صص ۱٤۱–۱۲٤.

مددی، عقیل؛ غفاری، عطا؛ پیروزی، الناز؛ ۱۳۹٤. ارزیابی و پهنه‌بندی خطر ریزش با استفاده از مدل VIKOR (مطالعه موردی: حوضه آبخیز آق لافان چای). *مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*. شماره ۶۰. صص ۸۰-۶۳.

میرنظری، جواد؛ شهابی، هیمن؛ خضری، سعید؛ ۱۳۹۳. ارزیابی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل AHP و عملگرهای منطق فازی در حوضه آبریز پشت تنگ سرپل ذهاب (استان کرمانشاه). *نشریه جغرافیا و توسعه*. شماره ۱۲. صص ۷۰-۵۳.

نوجوان، محمدرضا؛حیاتی، غلامرضا؛ ۱۳۹۲. پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوزه آبخیز سیاه خور اسلام‌آباد غرب با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP). *نشریه جغرافیایی سرزمین*. شماره ۳۸. صص ۹۲-۸۱.

Demir G, Aytekin M, Akgun A, et al., 2013. A comparison of landslide susceptibility mapping of the eastern part of the North Anatolian Fault Zone (Turkey) by likelihood-frequency ratio and analytic hierarchy process methods. Natural Hazards, 65(3): 1481–1506.

El Bchari. F., Theilen-Willige, B., Ait Malek, H., 2019. Landslide hazard zonation assessment using GIS analysis at the coastal area of Safi (Morocco). International Cartographic Association (ICC), 2: 1-7.

GIS-based landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy process and bivariate statistics in Ardesen (Turkey): Comparisons of results and confirmations

Huang, J. J, Tzeng, G. H., Liu, H. H., 2009. A Revised VIKOR Model for Multiple Criteria Decision Making - The Perspective of Regret Theory, Communications in Computer and Information Science, 35:761-768

Khanh Linh, N. H. Degener, J., Bich Ngoc, N., Minh Chau, T., 2018. Mapping Risk of Landslide at A Luoi District, Thua Thien Hue Province, Vietnam by GIS-Based Multi-Criteria Evaluation, Asian Journal of Agriculture and Development (AJAD). 15: 1-12.

Komac, M., 2006. A landslide susceptibility model using the Analytical Hierarchy Process method and multivariate statistics in perialpine Slovenia. Geomorphology., 74(1):17-28.

Wen Fan, Xin-sheng Wei, Yan-bo Cao & Bin Zheng., 2017. Landslide susceptibility assessment using the certainty factor and analytic hierarchy process, Journal of Mountain Science, 14: 906–925.

Yalcin, A., 2008. GIS-based landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy process and bivariate statistics in Ardesen (Turkey): Comparisons of results and confirmations, CATENA, 72: 1-12.